

تاثیر در صد آهک در مقاومت فشاری خاک رس

عفت اسماعیل زاده شهری دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه شهید رجایی - تهران
زهرا سپاهی دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه شهید رجایی - تهران

چکیده

خاکهای ریزدانه رسی با توجه به حضور گسترده ای که در سطح کشورمان دارند مشکلات زیادی را در پایداری بستر پروژه های عمرانی ایجاد کرده اند که نیازمند تثبیت قبل از ساخت و ساز بوده است. برای تثبیت خاک از مواد تثبیت کننده مختلفی نظیر سیمان آهک کلسیم یا سدیم استفاده می شود. انتخاب نوع ماده تثبیت کننده به عوامل زیادی از قبیل جنس خاک شرایط جوی منطقه و فور و سهولت استفاده در خاک میزان بارگذاری و بهره برداری و نوع کاربرد دوزینه عملیات بستگی دارد. تثبیت خاک عمدتاً به دلایل زیر انجام میشود: (بهبهانی)

- ۱- بهبود مشخصات فنی خاکها
- ۲- اصلاح خاکهای نرم و کم مقاومت
- ۳- تثبیت خاک کاهش رطوبت و یا کاهش گرد و خاک
- ۴- بازسازی رو سازیهای فرسوده شده راهها و غیره.

آنچه در این مقاله مورد ارزیابی قرار می گیرد تاثیر افزودن آهک به خاک رس است که از طریق آزمایش مقاومت فشاری محدود نشده (تک محوری) مورد مطالعه قرار می گیرد. نتایج حاصله از آزمایشها و مطالعات تاثیر فوق العاده آهک بر مقاومت خاک رس بوده است که با توجه به درصدمورد استفاده از لحاظ اقتصادی در پروژه های عمرانی مقرون به صرفه خواهد بود.

واژه های کلیدی: اصلاح خاک رس، تاثیر آهک، مقاومت فشاری

۱- مقدمه

یکی از مؤثرترین روشهای بهبود کیفی مشخصات فنی خاکهای رسی که استفاده از آن متداول است بهره گیری از آهک می باشد. تثبیت خاک رس بوسیله آهک به معنای ترکیب و مخلوط کردن آهک با رطوبت بهینه به صورت هیدروکسید کلسیم (آهک شکفته و یا آهک زنده ...) با خاک رس و متراکم کردن این مخلوط است عمل تثبیت خاک رس به علت واکنشهای شیمیایی رس و آهک می باشد و اصولاً آهک با بیشتر خاکهای رسی دارای خواص خمیری بالا واکنش شیمیایی خوبی خواهد داشت. متداولترین آهکی که معمولاً برای پایدار نمودن خاکهای ریز دانه مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از: آهک شکفته $(Ca(OH)_2)$ آهک شکفته دولومیتی $(Ca(OH)_2.mgo)$ آهک زنده و آهک زنده دولومیتی. (گنجیان - ماجدی)

فرآیند تثبیت خاک رس با آهک مشابه تثبیت با سیمان است با این تفاوت که آهک در تثبیت خاکهای دانه ای بدون رس و محتوی مواد آلی (مواد آلی باعث کند شدن هیدراسیون می شوند) بی تاثیر است. (احمدنیا)
در این تحقیق آهک مورد استفاده به صورت پودر، نشکفته و عبوری از الک نمره ۴۰ به میزان ۰٪-۱۴٪ بوده و همچنین خاک رس مورد استفاده از نوع معمولی مورد مصرف کارهای عمرانی و عبوری از الک نمره ۴۰ بوده است.

۲- انواع واکنشهای خاک رس و آهک

وقتی آهک به خاک رس اضافه می شود واکنشهای متعددی در آن ایجاد می شود که عبارتند از :

۱-۲- واکنش تبادل کاتیونها :

تقریباً تمامی خاکهای ریزدانه وقتی با آهک و آب مخلوط می شوند طی مدت زمان کوتاهی واکنش تبادل کاتیونی را نشان می دهند. در این واکنش کاتیونهای قابل تبادل خاک رس (کاتیونهای تک ظرفیتی) با کاتیونهای آهک جایگزین می شوند.

۲-۲- واکنش پوزولانی :

این واکنش باعث افزایش چشمگیر مقاومت در ترکیبات خاک رس و آهک می شود و تابع زمان می باشد.

۲-۳- واکنش کربناسیون:

در این واکنش آهک با گاز کربنیک هوا ترکیب شده و باعث می شود که آهک به حالت غیر فعال سنگ آهک باز گردد. با توجه به زمان انجام واکنشهای شیمیایی فوق الذکر در زمانهای ۱۴، ۲۸ و ۶۰ روز و دراز مدت خواص مکانیکی ترقی یابنده ای می توان از مخلوطهای رسی آهک دار انتظار داشت.

۳- تهیه نمونه ها

نمونه ها در سه لایه که هر لایه با ۲۵ ضربه متراکم شده با در صد رطوبت بهینه تهیه می شود. درصدهای آهک به صورت ۰٪، ۶٪، ۱۰٪ و ۱۴٪ بوده زمانهای عمل آوری نمونه ها طبق برنامه زمان بندی صفر روز ۱۴ روز ۲۸ روز ۶۰ روز و در دمای معمولی اتاق بوده که پس از پایان زمان مورد نظر آزمایش مقاومت فشاری بر روی آنها انجام شده است.

برای جلوگیری از خشک شدن نمونه ها در طی مدت زمان عمل آوری هر نمونه را داخل سلفون پیچانده و در داخل ظرف آب قرار داده شده است. علاوه بر زمانهای فوق نمونه ها یی هم در داخل آب جوش در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۸ ساعت جوشانیده و به عنوان نتایج زود رس مورد آزمایش قرار گرفته اند.

۴- نتایج حاصل از مصرف آهک در خاک رس

از عوامل اصلی افزایش مقاومت نمونه ها زمان عمل آوری است که باعث تکمیل شدن واکنشهای پوزولانی و فعل و انفعالات شیمیایی بین آهک و خاک رس می باشد. در نمودارهای ۴-۱ تا ۴-۴ تاثیر زمان عمل آوری بر روی مقاومت فشاری تک محوری نشان داده شده است. طبق نمودار هر چه زمان آوری بیشتر باشد مقاومت فشاری افزایش می یابد. با بررسی نتایج مقاومت فشاری تک محوری تحت زمانهای عمل آوری مختلف با درصد های آهک متفاوت (جدول ۴-۱) و مطابق نمودارهای ارائه شده مشاهده می شود که تا مرحله افزایش ۱۰٪ آهک مقاومت فشاری نمونه ها پس از مدت ۲۸ روز افزایش محسوسی داشته است. این افزایش ناشی از وجود واکنشهای انجام شده بین آهک و خاک رس و چسبیدن ذرات به یکدیگر و گیرش آهک بوده است. از طرفی افزودن ۱۴٪ آهک باعث افزایش کمی در مقاومت فشاری نمونه ها می شود که این به علت اشباع شدن فضای خالی خاک از آهک می باشد که در نتیجه وجود آهک بیشتر در روند افزایشی مقاومت ضمن افزایش هزینه نمونه کار ساز نمی باشد. دمای بالا نیز در عمل آوری باعث افزایش مقاومت فشاری خاک شده و مقاومت کلی بیشتری را نسبت به حالت صفر روز در دمای معمولی برای هر درصدی از آهک را داشته است ولی به سبب جلوگیری از اتصالات شیمیایی آهک و رس در عمل آزمایشهای نمونه های جوشانیده شده از حالت عادی نتایج پایین تری داشته اند. یکی دیگر از اثرات استفاده از آهک در خاک رس کاهش نفوذپذیری خاک است. هر چه میزان درصد آهک کمتر باشد افزایش نفوذپذیری بیشتر خواهد بود. از طرفی با افزایش سن نمونه ها میزان نفوذپذیری کاهش می یابد. (احمدنیا)

آهک همچنین در دوام و پایداری خواص مکانیکی خاک تاثیر گذار است. چون نفوذپذیری با مصرف ۶٪ و ۱۰٪ کاهش می یابد لذا دوام و ثبات کیفی خواص مکانیکی توسعه خواهد یافت. هر چقدر مقاومت فشاری و به عبارتی دوام و پایداری خاک بیشتر باشد مقاومت در برابر پدیده یخبندان و ذوب یخ بیشتر خواهد بود. افزایش زمان نیز باعث می شود مشخصات فنی خاک بهبود یافته و از مقاومت بالایی برخوردار شود (آذر فر)

جدول ۴-۱

| مقاومت در ۱۰۰ درجه kg/cm*2 | مقاومت در ۶۰ روز kg/cm*2 | مقاومت در ۲۸ روز kg/cm*2 | مقاومت در ۱۴ روز kg/cm*2 | مقاومت در صفر روز kg/cm*2 | درصد آهک |
|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------|
| - | - | - | - | ۷/۵ | صفر درصد |
| ۲۵/۳۷ | | ۴۷/۷۸ | ۳۰/۱۰ | ۱۱/۸۰ | ۶ درصد |
| ۳۲/۱۳ | | ۷۰/۱۲ | ۳۹ | ۸ | ۱۰ درصد |
| ۱۸/۳۲ | | ۴۲/۵۸ | ۳۲/۲۵ | ۷ | ۱۴ درصد |

۵- بررسی مقاومت فشاری خاکهای تثبیت شده با آهک

تعیین مقاومت فشاری خاکهای تثبیت شده با آهک توسط آزمایش فشاری محدود نشده (تک محوری) انجام شده است.

۵-۱- مقاومت آنی نمونه ها:

بعد از اضافه کردن آهک به خاک رس، مقاومت فشاری نهایی و دوام و پایداری خاک به میزان محسوسی افزایش می یابد میزان این افزایش تابعی از میزان درصد آهک مصرفی است. طبق آزمایشات انجام شده روی نمونه ها و مطابق جدول (۴-۱) میزان مقاومت نمونه های صفر درصد $7/5 \text{ kg/cm}^2$ بوده که این مقدار برای نمونه های ۶٪ آهکی به $11/80 \text{ kg/cm}^2$ می رسد. در نمونه های صفر درصد آهک فضای خالی وجود دارد که این فضا به وسیله آهک در نمونه های ۶٪ پر می شود در نمونه های ۱۰٪ مقاومت آنی تقریباً به اندازه نمونه های صفر درصد آهک است که علت آن می تواند جایگزین شدن آهک گیرش نشده به جای خاک رس باشد. در نمونه های ۱۴٪ هم همانطور که قبلاً اشاره شد مقاومت کاهش می یابد.

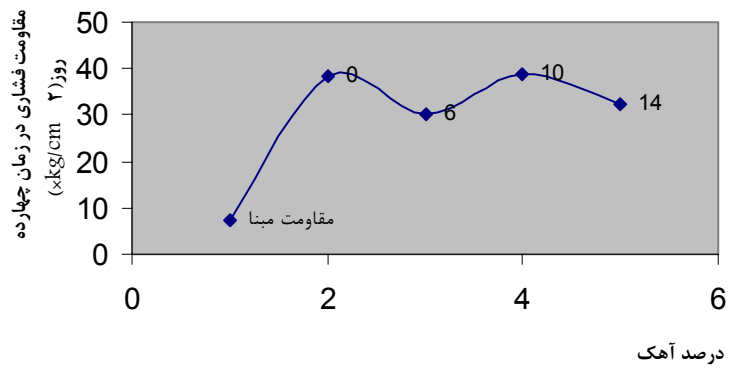
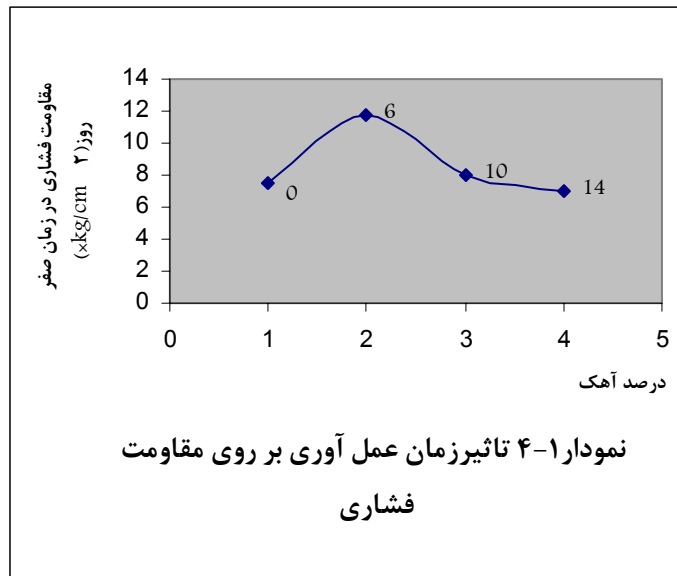
۵-۲- مقاومت دراز مدت:

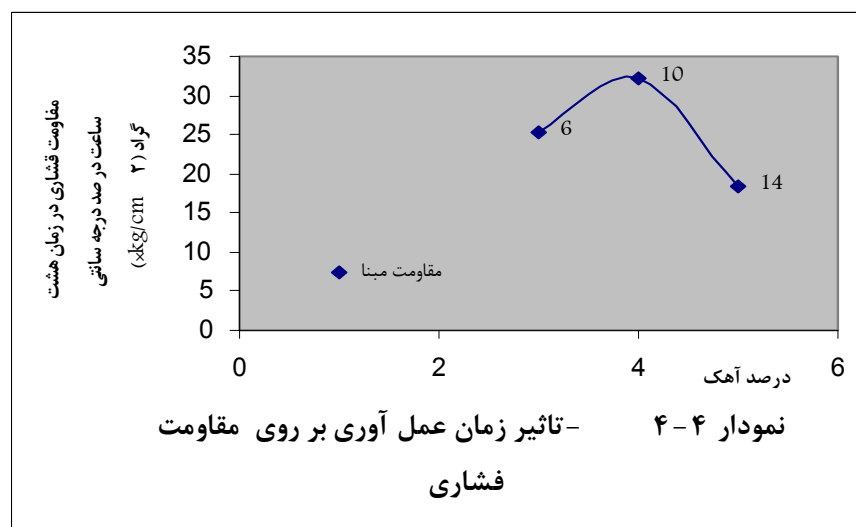
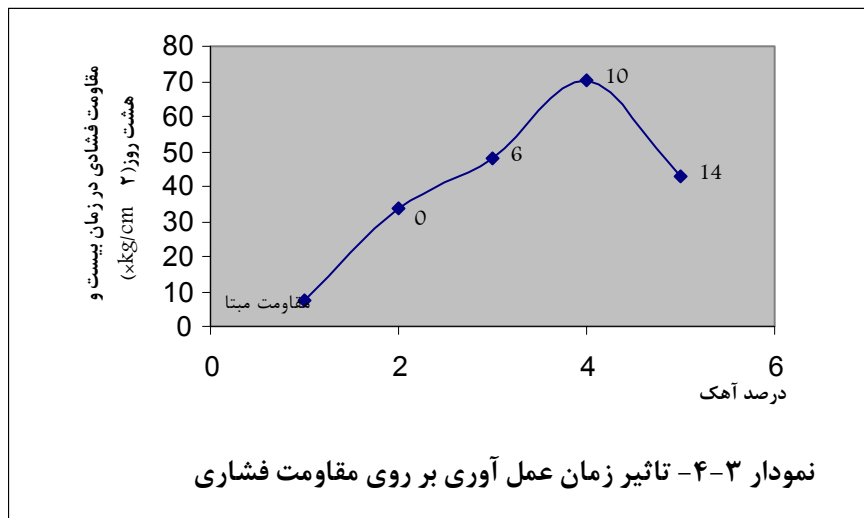
در تمامی درصدهای مختلفی که تهیه شده اند با افزایش زمان عمل آوری میزان مقاومت افزایش یافته است. حتی در نمونه های ۱۴٪ آهک که نسبت به سایر درصدها مقاومت کمتری داشته است. در حال حاضر بیشترین مقاومتی که طی زمانهای مختلف انجام شده، مربوط به نمونه های ۱۰٪ آهک با زمان عمل آوری ۲۸ روز، به میزان $170/12 \text{ kg/cm}^2$ است. لازم به ذکر است که به محض اینکه زمان عمل آوری ۶۰ روزه نمونه ها به پایان برسد و آزمایش تک محوری روی آنها انجام شود نتایج کامل، و به اطلاع خواهد رسید.

۶- یک معضل و راهکار

۶-۱- جنس قالب برای تهیه نمونه ها:

جنس قالب مورد استفاده برای تهیه نمونه ها آلومینیوم است که در تهیه نمونه های آهکی به دلیل انجام واکنشهای بین آهک و خاک رس و آلومینیوم مشکلات متعددی را ایجاد کرد. کلیه نمونه های آهکی به راحتی از قالب خارج نمی شدند و در لحظه جدا کردن قالب نمونه از وسط جدا می شد. به منظور جلوگیری از اتصال شیمیایی آهک در حال گیرش با بدنه آلومینیومی قالب از یک لایه پلاستیک استفاده کردیم که موجب بهبود در روند تهیه نمونه ها گردید. پس پیشنهاد می شود که یا از جنس دیگری برای ساخت قالب استفاده شود و یا اینکه یک لایه پلاستیک در داخل قالب موقع ساخت قرار گیرد تا مشکلی در ساخت نمونه های آهکی ایجاد نشود.





۷- اقتصادی بودن طرح

این طرح در پروژه های راهسازی کاربرد دارد. در برخی موارد که از خاک اصلاح شده با آهک به عنوان لایه ای از سیستم روسازی استفاده می شود ضخامت کل روسازی کاهش می یابد. گاهی اوقات خاکی که در محل احداث پروژه می باشد به عنوان مثال اگر خاک زیر پی ساختمانها خاکی نرم بوده و از لحاظ مقاومت فشاری مناسب نباشد یک روش اصلاح این خاک انجام عملیات خاکبرداری و خاکریزی مجدد در محل است که هزینه زیادی را در بر خواهد داشت. روش دیگر که نسبتاً مقرون به صرفه است و خاک با مقاومت خوبی را نیز نتیجه خواهد داد اصلاح خاک بوسیله مخلوط کردن با آهک است. طبق نتایج به دست آمده با افزودن ۱۰٪ آهک می توانیم مقاومت فشاری خوبی را داشته باشیم.

۸- نتیجه گیری

میزان واکنش خاک و آهک به نوع آهک مورد استفاده میزان اختلاط ذرات خاک و آهک و رطوبت بهینه آنها بستگی دارد. آهک زنده از آهک شکفته مؤثرتر و آهک خالص از آهک ناخالص بهتر می باشد. چگونگی عمل اختلاط برای تهیه نمونه ها شرایط نگهداری و عمل آوری نیز از جمله موارد حائز اهمیت در حصول نتایج مطلوب می باشد. هر چه مراحل مخلوط کردن خاک و آهک کاملتر و بهتر صورت گیرد نتیجه مقاومت بهتر خواهد بود. بعد از عمل آوری نمونه های آهکی مقاومت فشاری قابل توجهی یافته و در برخی موارد تا ۱۰ برابر نسبت به روز اولیه افزایش مشاهده شده است. درصد رطوبت بهینه در تهیه نمونه ها تاثیر بسزایی داشته است. برای نمونه های صفر درصد آهک ۱۰٪ وزن آهک آب استفاده شده (۵۰۰ گرم خاک رس و ۵۰ سی سی آب) و برای نمونه های که دارای آهک هستند میزان آب ۱۰٪ وزن خاک رس و ۵۰٪ وزن آهک (با توجه به درصد آهک) استفاده شده است. حضور آهک قبل از انجام گیرش در خاک رس عامل لغزش و روان کنندگی به سبب جذب رطوبت بیشتر محسوب شده و موجب می شود در ساخت نمونه ها تسهیل ایجاد شود. استفاده از آهک و اصلاح خاک رس بوسیله آن مطابق گزارش اقتصادی بودن طرح نه تنها هزینه عملیات اجرایی را تا حدی کاهش می دهد بلکه عامل ثبات و پایداری سازه ها و کاهش مصالح مصرفی در ساخت و ساز خواهد شد.

۹- پیشنهادها

در پایان پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می دهیم:

- دقت شود که اصلاح خاک رس در هنگام اضافه کردن آهک به آن در بهترین زمان ممکن صورت گیرد. یعنی آهک به صورت آزاد در خاک تولید نشود و تمام آهک مصرفی کاملاً با خاک ترکیب شود. به همین دلیل باید در تعیین درصد رطوبت بهینه دقت کافی به عمل آید.
- برای حصول نتایج بهتر می توان از نرم افزارهای تخصصی و تجهیزات مدرن مخصوص به این کار استفاده کرد تا از جایگاه میکروسکوپی همزمان با نتایج ماکروسکوپی تحلیل صورت گیرد.
- دمای محیط برای عمل آوری نمونه های آهکی عامل مهمی محسوب می شود لذا موضوع تحقیق آتی می تواند باشد.

۱۴- فهرست مراجع

- احمدنیا، فرهاد، تاثیر آهک بر مقاومت خاک کائولینیت پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیر
- آذرفر تاثیر آهک بر مشخصات فنی خاکها پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیر
- دکتر بهبهانی حمید روسازی
- دکتر گنجیان اسماعیل مهندس ماجدی محمد حسین مصالح مهندسی عمران انتشارات خواجه نصیر الدین آبان ۷۶
- طبرسا علیرضا تاثیر آهک بر مقاومت خاک در برابر سیکل های یخبندان- ذوب یخ پایان نامه کارشناسی ارشد استاد: دکتر عبدی دانشگاه خواجه نصیر

